

ВОЕННАЯ ТОПОГРАФИЯ

Тема № 1. Топографические карты и работа с ними

Занятие 1.2. ИЗМЕРЕНИЯ ПО КАРТЕ

Учебные вопросы:

- 1. Численный, линейный и поперечный масштабы.**
- 2. Определение расстояний по карте, протяженности маршрута и площадей. Точность измерений по карте.**
- 3. Понятие о дирекционном угле, истинном и магнитном азимутах.**
- 4. Переход от дирекционного угла к магнитному азимуту и обратно.**

1. Численный, линейный и поперечный масштабы

При составлении планов и карт горизонтальные проекции линий местности уменьшают в определенное число раз в зависимости от требований к точности, предъявляемых к картам (планам).

Масштаб карты – степень уменьшения линии на карте или плане относительно горизонтального проложения соответствующей линии на местности.

При работе с картой, планами или аэрофотоснимками местности пользуются различными масштабами: **численным** или **графическими** (линейным и поперечным).

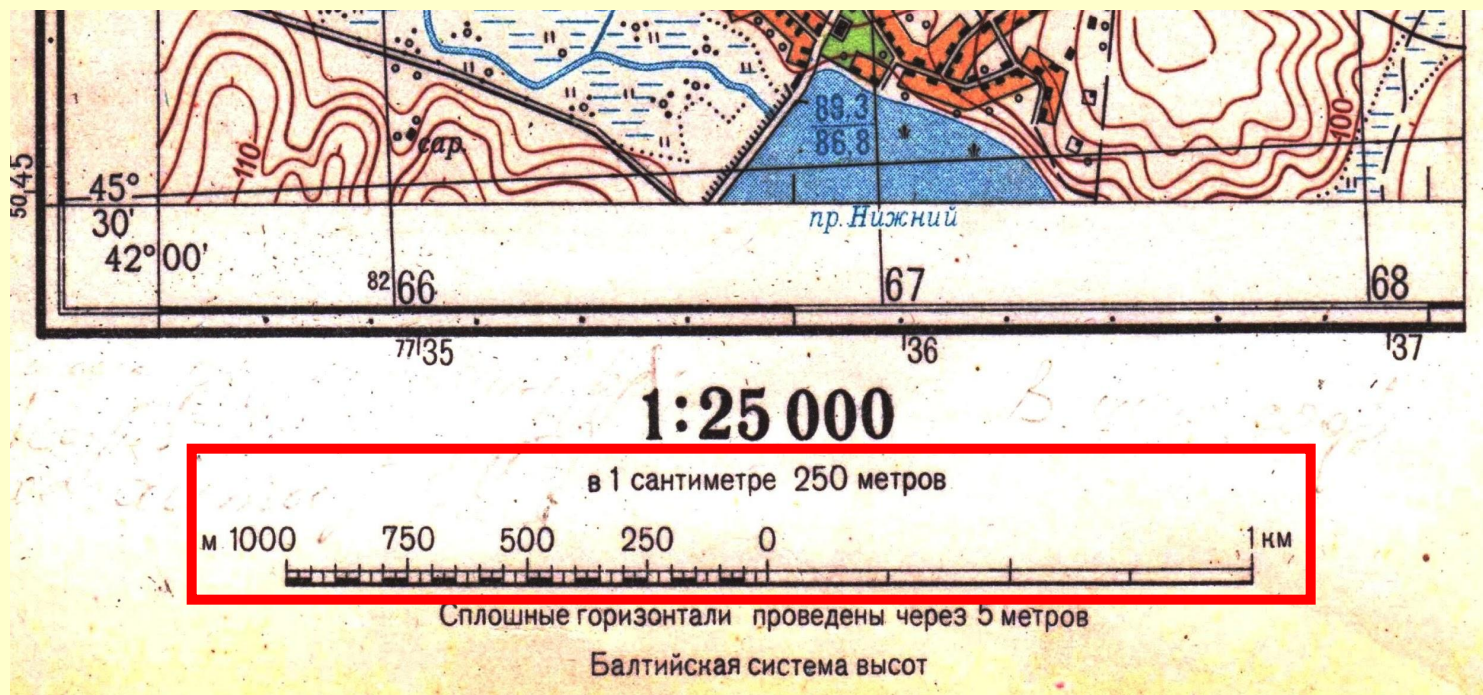
Численный масштаб – масштаб длин, выраженный отвлеченным числом, в котором числитель – единица, а знаменатель – число, показывающее, во сколько раз уменьшены линейные размеры карты или отношение единицы к числу, показывающего во сколько раз линия на карте уменьшена по отношению к соответствующей ей линии на местности,

$$\frac{1}{M} = \frac{d}{D} = \frac{1}{D/d}$$

где M – знаменатель масштаба карты,
 d – длина линии на карте;
 D – длина горизонтального проложения этой линии на местности.



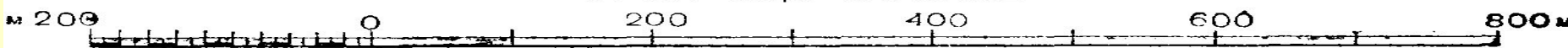
Линейный масштаб – графическое изображение численного масштаба в виде прямой линии с делениями для отсчета расстояний. Для построения линейного масштаба на прямой линии откладывают ряд отрезков одинаковой длины, называемой **основанием линейного масштаба**.



Оформление численного и линейного масштабов на топографических картах и планах городов

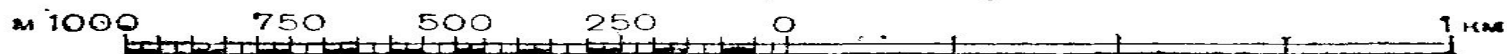
1:10 000

в 1 сантиметре 100 метров



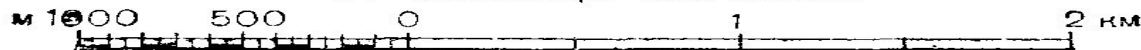
1:25 000

в 1 сантиметре 250 метров



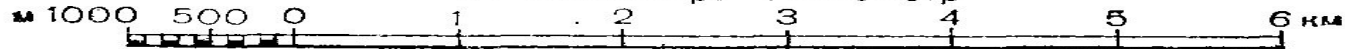
1:50 000

в 1 сантиметре 500 метров



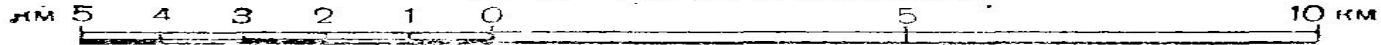
1:100 000

в 1 сантиметре 1 километр



1:200 000

в 1 сантиметре 2 километра



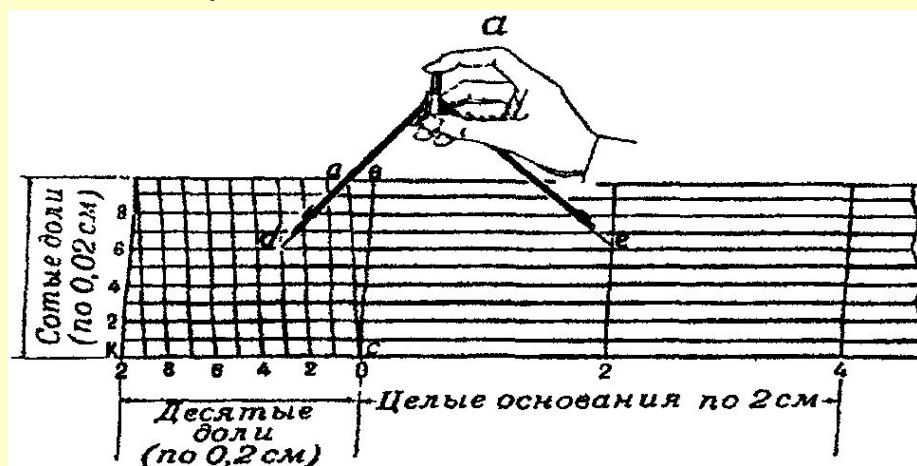
Поперечный масштаб – сочетание линейного и пропорционального масштабов.

Подписи на этих масштабах даются в сантиметрах. Оцифровка поперечного масштаба производится так же, как и линейного – в соответствии с численным масштабом.

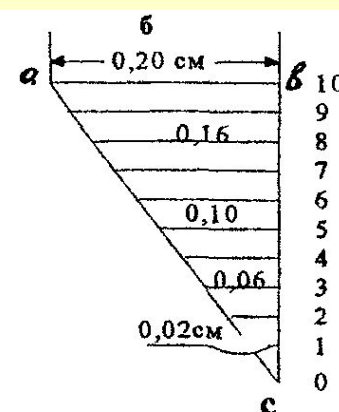
Измерение расстояний с помощью поперечного масштаба начинают с определения цены его делений применительно к заданному численному масштабу, то есть уясняют, сколько километров или метров содержится в целом основании, а также в его десятой и сотой долях.

Поперечный масштаб, основание которого равно 2 см, а остальные деления равны десятым и сотым долям основания, называется **нормальным поперечным масштабом**. Наименьшее деление поперечного масштаба с основанием 2 см равно 0,02 см.

Если основание поперечного масштаба взять 1 см, то наименьшее деление его будет равно 0,01 см.



а



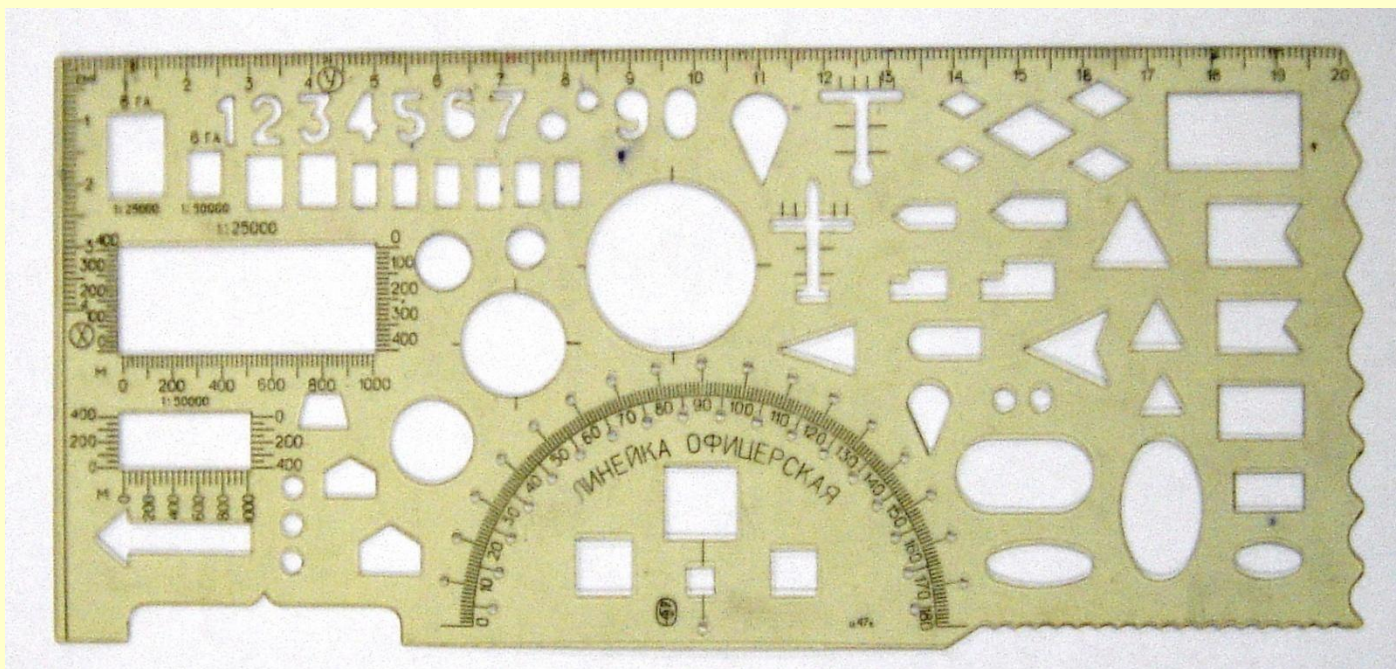
б

**2. Определение расстояний по карте,
протяженности маршрута и площадей.**

Точность измерений по карте

Инструменты для измерения расстояний

1. Измерительные линейки служат для проведения прямых линий, откладывания и измерения длин на бумаге. По краю измерительных линеек имеется шкала миллиметровых делений. Величина одного деления шкалы называется **ценою деления** линейки.

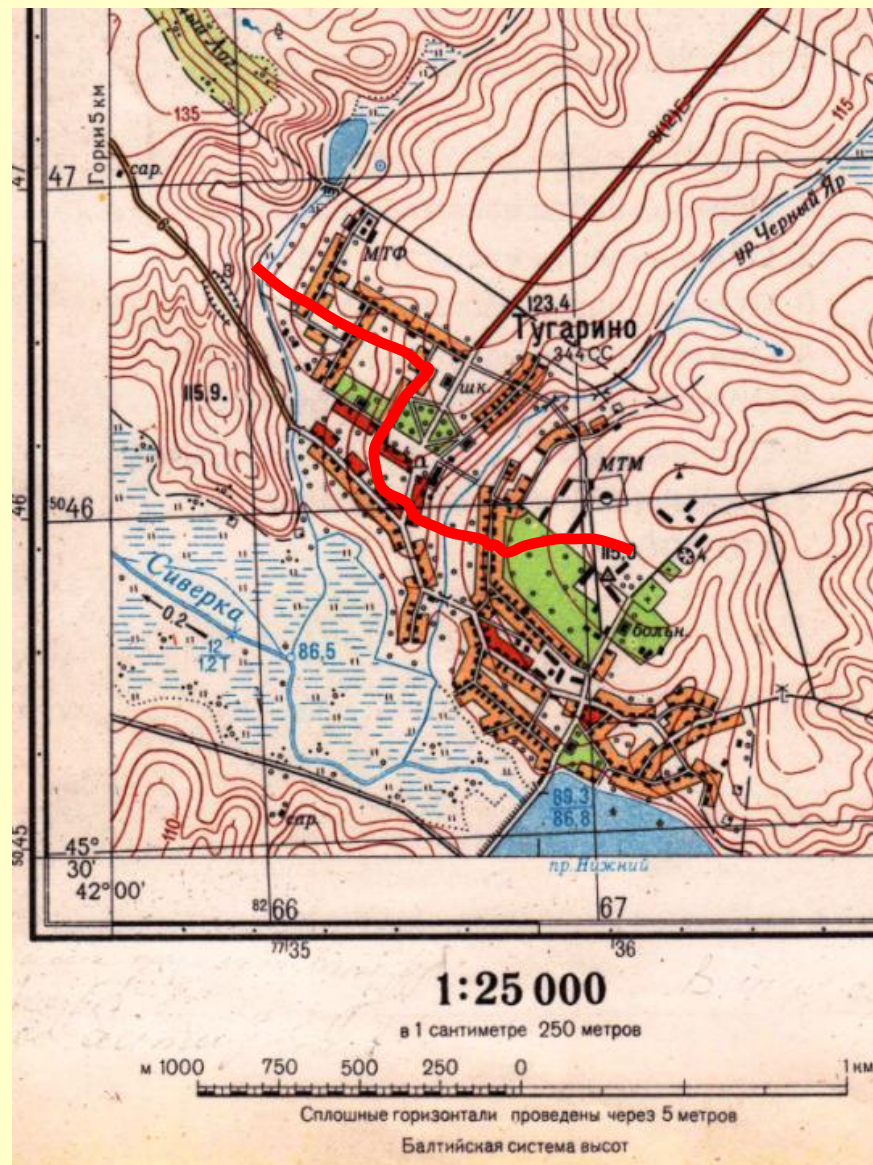


2. Циркуль-измеритель предназначен для измерения прямых, извилистых и ломаных линий.

Циркуль служит для отложения линий данной длины и измерения расстояний на планах и картах.



3. При измерении значительных по длине ломаных и извилистых линий используют специальный прибор – **курвиметр**



Точность измерений по карте

Расстояние на местности, соответствующее **0,2 мм** на карте, называют **предельной точностью масштаба карты**.

Точность определения расстояний по карте зависит не только от точности измерений, но и от погрешностей самой карты, неизбежных при ее составлении и печатании, которые могут достигать 0,5 мм, а на картах горных районов – 0,75 мм. Источниками ошибок измерений является также помятость и деформация бумаги.

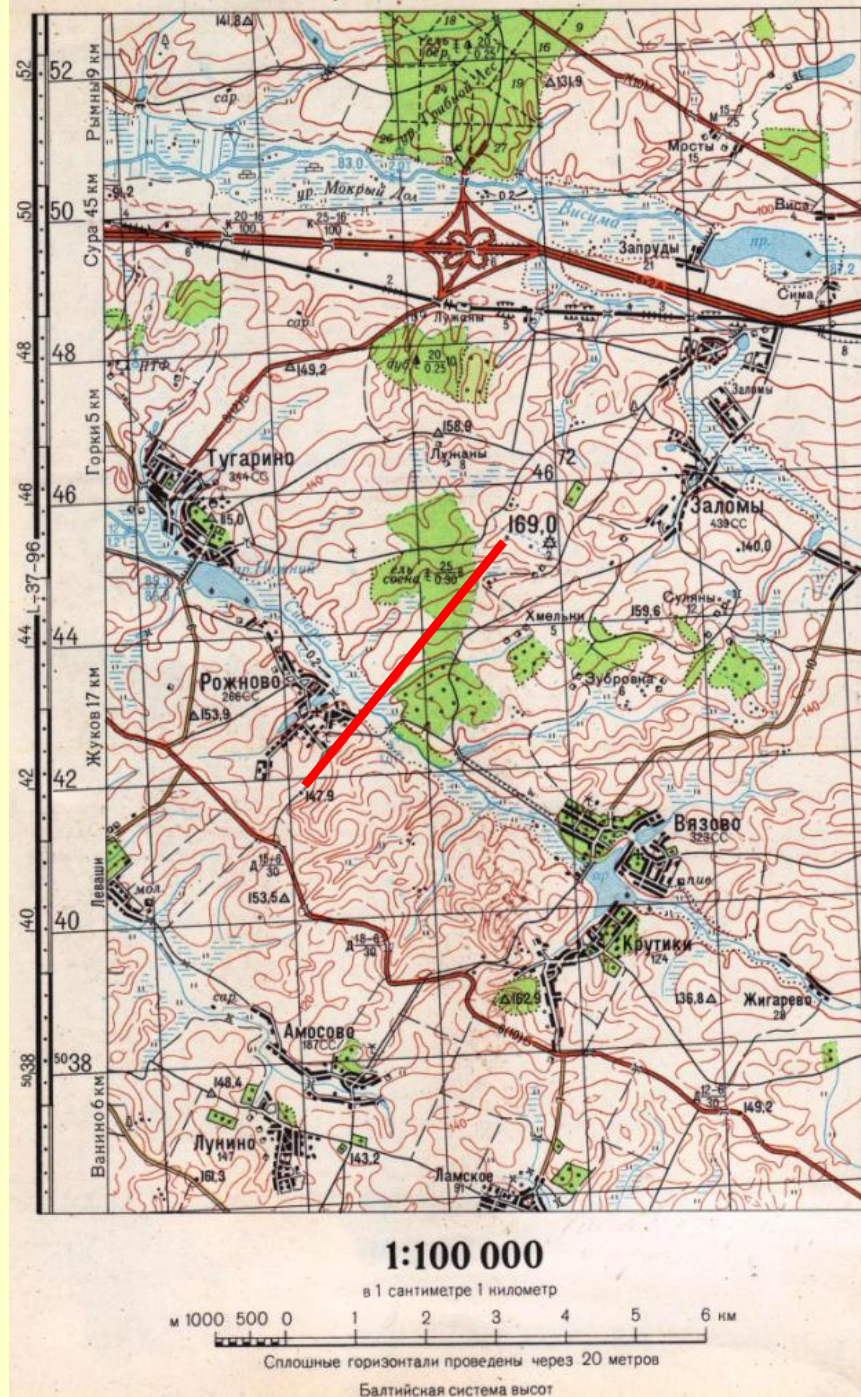
С учетом этого **фактическая точность измерений** прямых линий по карте, как показывает практика, колеблется в пределах **0,5-1,0 мм**, что в масштабе 1:25 000 на местности составляет 12-25 м, в масштабах 1:50 000 – 25-50 м, 1:100 000 – 50-100 м.

При использовании численного масштаба расстояния на карте или плане могут быть измерены в сантиметрах линейкой или курвиметром.

Полученное при этом число сантиметров умножают на знаменатель масштаба.

Например, линия на карте $d = 13,14$ см, а масштаб карты – 1:100 000.

Используя формулу перехода от линий карты (плана) к горизонтальным проекциям соответствующих линий местности $D = d \times M$, получим:
 $D = 13,14 \times 100\ 000 = 13\ 140\ 000$ см =
 $13\ 140$ м = 13,14 км



Измерения по линейному масштабу обычно производят **циркулем-измерителем**.

Определяя с помощью линейного масштаба длину линии, взятой с карты или плана, нужно правую ножку циркуля поставить на одну из черточек справа от нуля с таким расчетом, чтобы вторая его ножка точно совпала с крайним левым основанием масштаба.



Коэффициенты увеличения протяженности маршрутов, измеренных по карте

Эти коэффициенты установлены опытным путем и учитывают как наклон, так и извилистость дорог.

Характер местности	Коэффициент увеличения длины маршрута на местности по сравнению с измеренной по карте			
	1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000
равнинная (слабопересеченная)	1,00	1,00	1,05	1,05
холмистая (среднепересеченная)	1,05	1,10	1,15	1,20
горная (сильнопересеченная)	1,15	1,20	1,25	1,30

Примечание: При коэффициенте 1,1 шаг (раствор) циркуля-измерителя вместо 1 см берется 9 мм, а при коэффициенте 1,2 – 8 мм.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

расстояний между объектами:

1) численным, 2) линейным, 3) поперечным масштабам

Примеры:

1) мост, 8208 – ▲ (геодез. пункт) 194,9, 7110 = ?

2) ● высота 236,4, 7913 – ▲ 259,4, 8016 = ?

3) мост, 7712 – мост, 6517 = ?

БЫЛО ЗАДАНО:

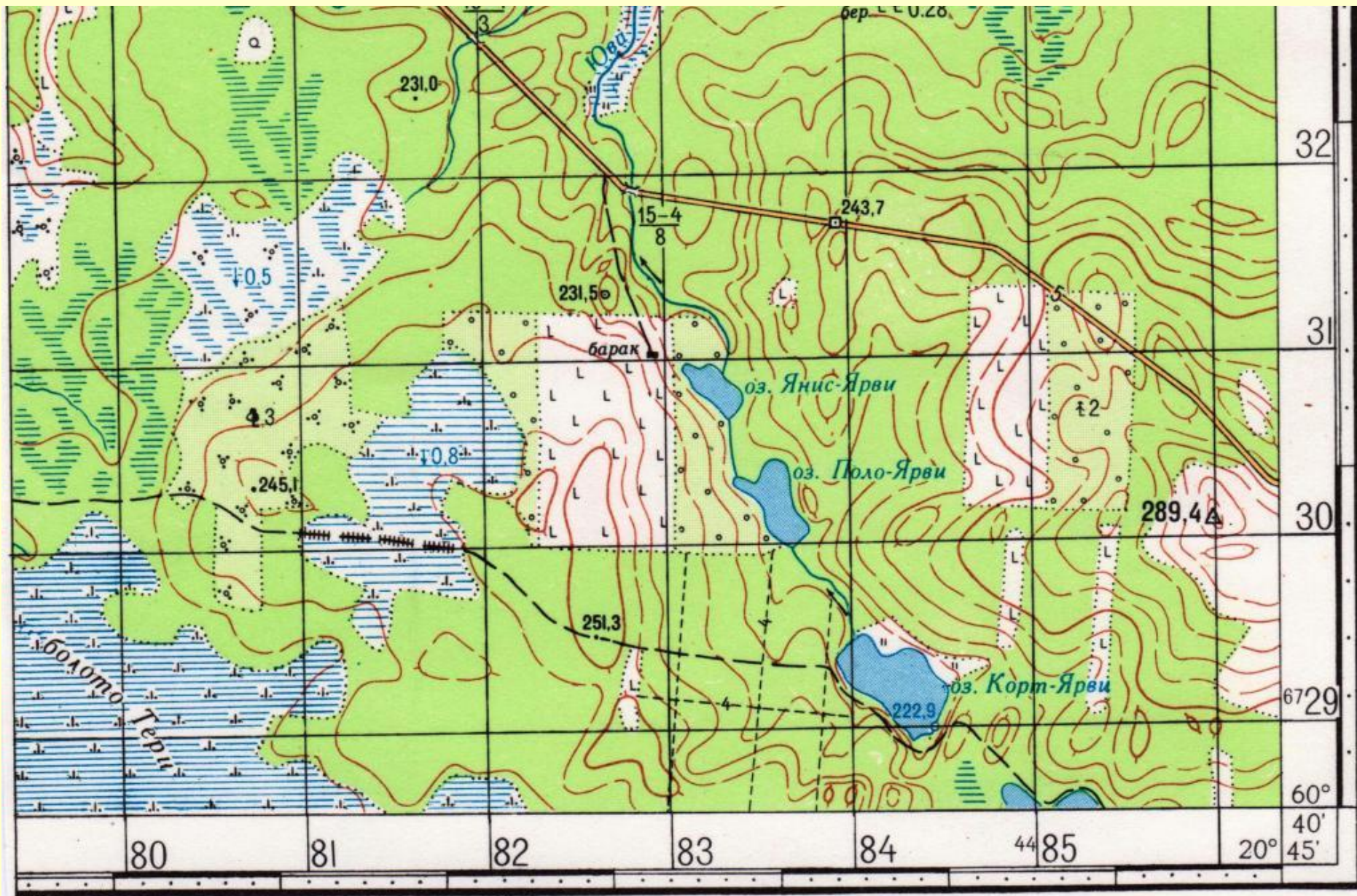
измерить расстояние:

1) численным, 2) линейным, 3) поперечным масштабами

Ответы:

- 1) мост, 8208 – ▲ (геодез. пункт) 194,9, 7110 **21,5 см = 10,75 км**
- 2) ● высота 236,4, 7913 – ▲ 259,4, 8016 **5,56 см = 2,78 км**
- 3) мост, 7712 – мост, 6517 **26,64 см = 13,32 км**

Как измерить площадь какого-нибудь участка местности?



Измерение площадей

Площади участков местности могут быть измерены по карте (плану) графическим, аналитическим и механическим способами либо их комбинациями.

Приближенную оценку размеров площадей производят на глаз подсчетом целых квадратов километровой сетки и их долей. Каждому квадрату сетки карт масштабов 1:10 000-1:50 000 на местности соответствует 1 км², 1:100 000 – 4 км², 1:200 000 – 16 км².

Для более точного определения крупных площадей участков по карте (плану) применяется графический способ с разбивкой участка на геометрические фигуры либо с помощью палеток.

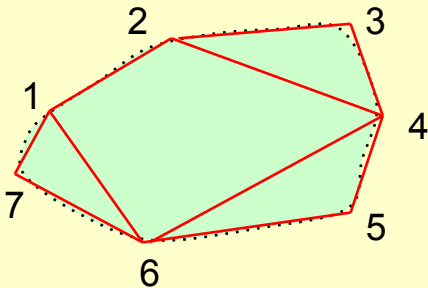


Рис. Схема разбивки участка на геометрические фигуры

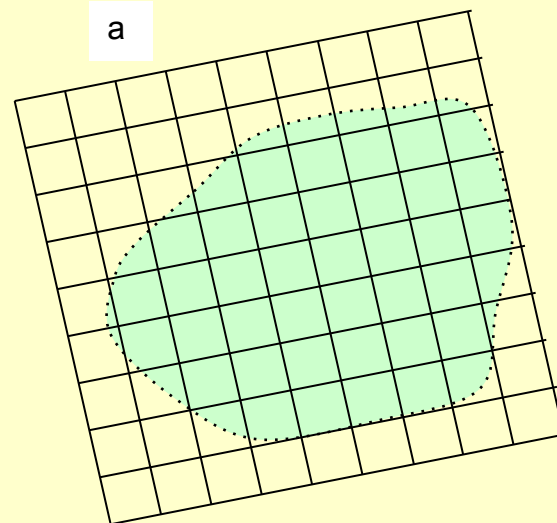
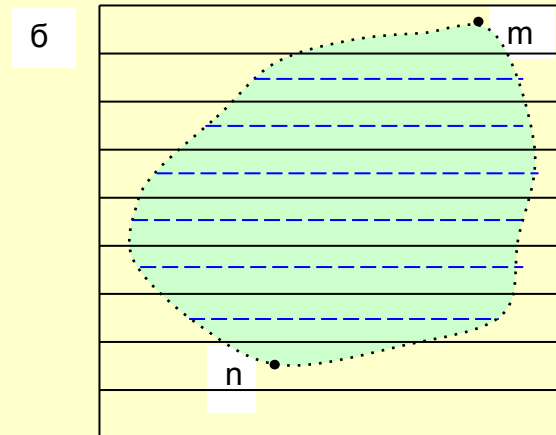


Рис. Схема определения площадей с помощью палетки:
а – квадратной, б – линейной



3. Понятие о дирекционном угле, истинном и магнитном азимутах

Направление линий на местности или карте может быть определено относительно какого-либо направления.

В качестве начальных направлений наиболее часто принимают:

- направление геодезического (географического, истинного) меридиана;
- направление магнитного меридиана (направление магнитной стрелки компаса);
- направление оси абсцисс прямоугольной системы координат, т.е. линии параллельной осевому меридиану зоны (вертикальная линия координатной сетки).

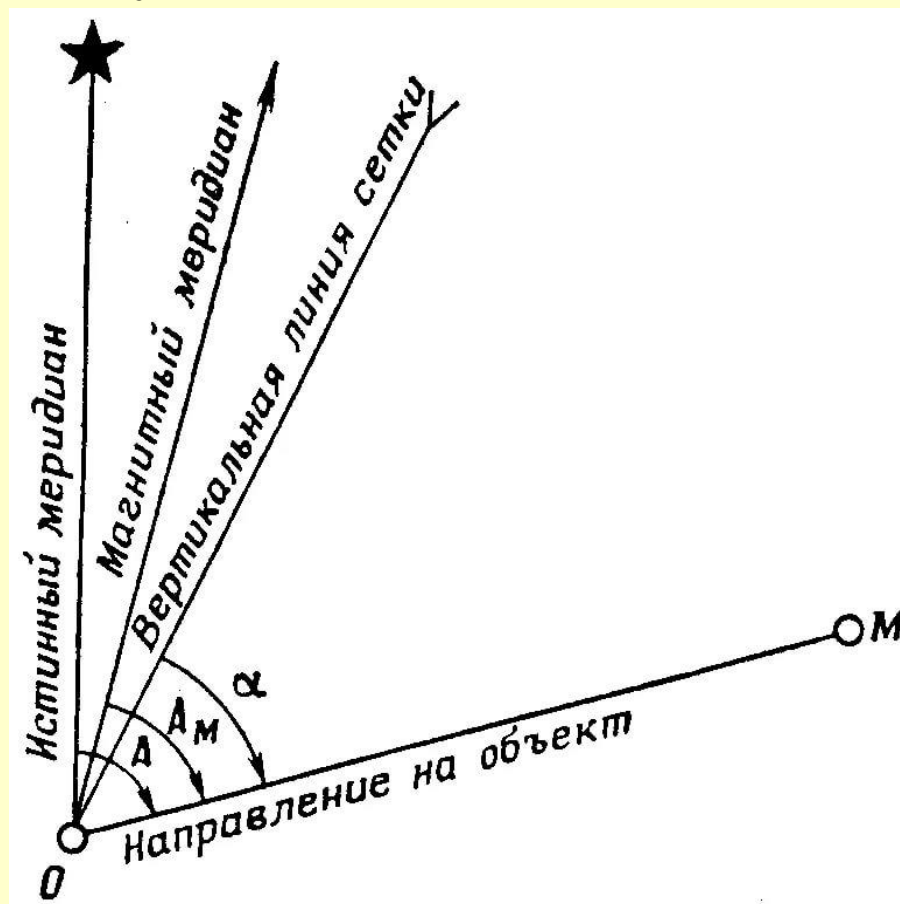
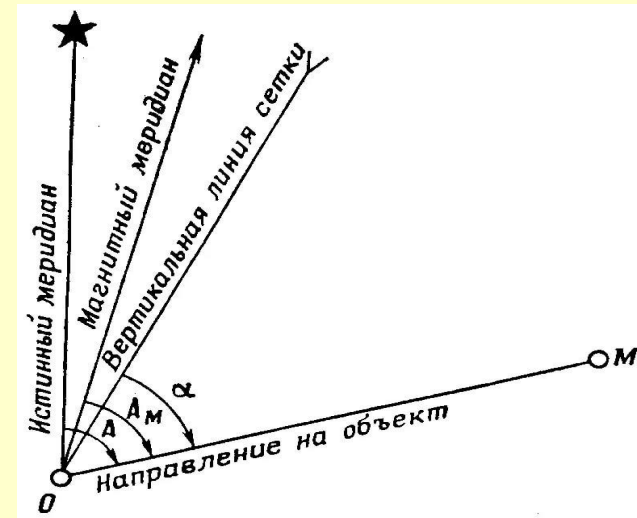


Рис. Направления, принимаемые за начальные

В зависимости от того, какое направление принято за начальное различают три вида углов, определяющих направление на объекты местности:

- истинные азимуты;
- магнитные азимуты;
- дирекционные углы.



Геодезический (в геодезии) (**географический** (в географии), **истинный**) **азимут** (A или Au) – угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от 0° до 360° , между северным направлением геодезического (географического, истинного) меридиана (боковой стороной рамки карты или линии параллельной ей) и направлением на объект (ориентир).

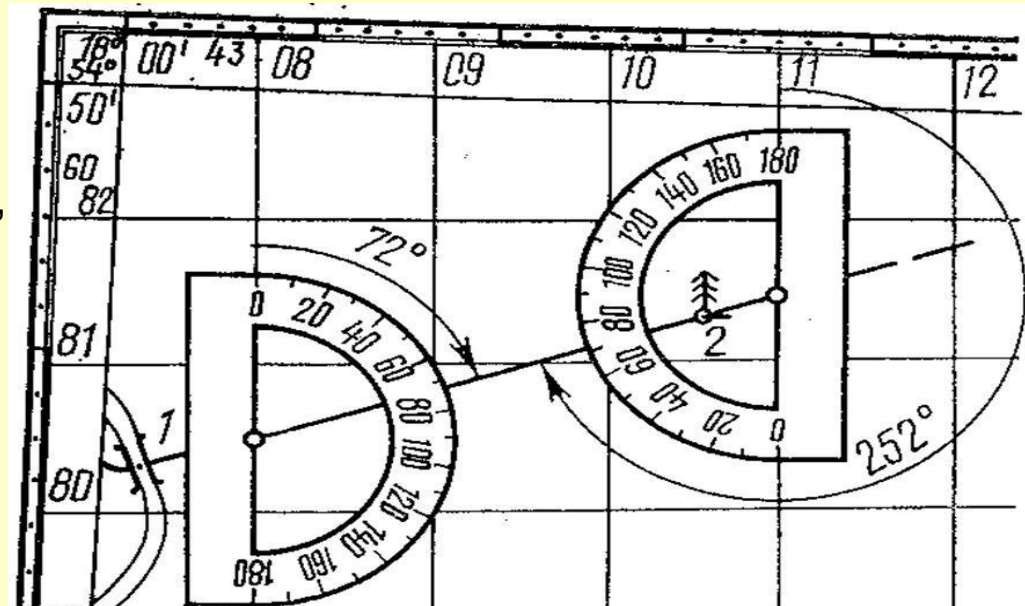
Магнитный азимут (A_m) – угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от 0° до 360° , между северным направлением магнитного меридиана и направлением на объект (ориентир).

Дирекционный угол ($ДУ$, α (альфа)) – угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от 0° до 360° , между северным направлением вертикальной линии координатной (километровой) сетки и направлением на объект (ориентир).

ИЗМЕРЕНИЕ ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ

- 1) ориентир, на который измеряют дирекционный угол (**ДУ**, α), соединяют прямой линией с точкой стояния так, чтобы эта прямая была *больше радиуса транспортира и пересекла хотя бы одну вертикальную линию координатной сетки*;
- 2) совмещают центр транспортира с точкой пересечения и отсчитывают по транспортиру значение дирекционного угла.

В нашем примере **ДУ** (α) от точки 1 (мост) на точку 2 (отдельно стоящее дерево (хвойное)) равен 72° , а **ДУ** (α) от точки 2 на точку 1 (геод. пункт) = $180^\circ + 72^\circ = 252^\circ$.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНЫХ АЗИМУТОВ

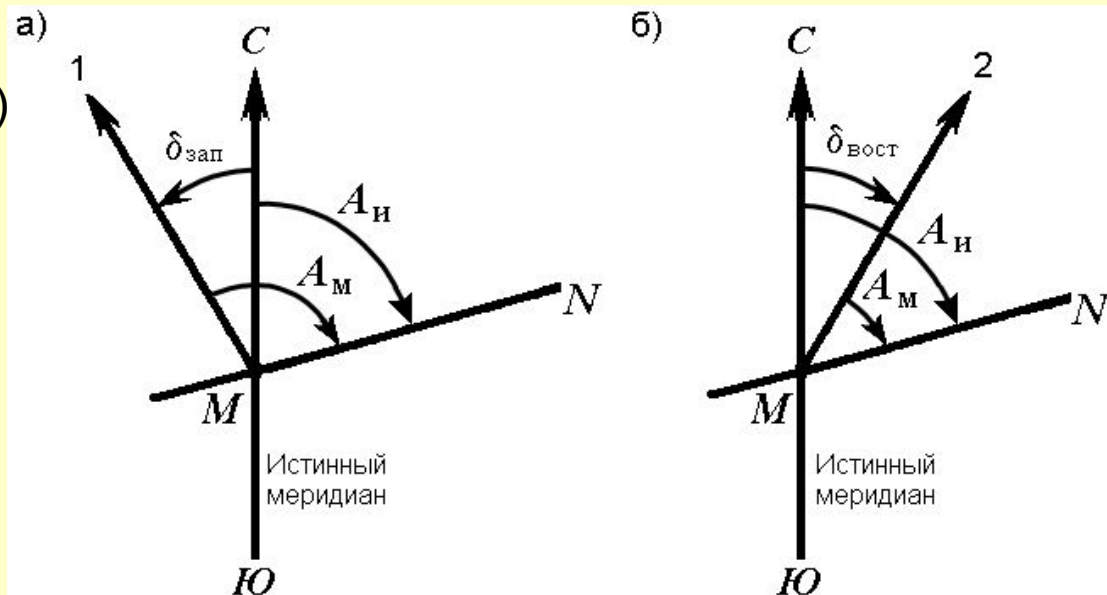
Магнитное склонение (C_k, δ (дельта))

Истинный меридиан не совпадает с магнитным меридианом.

Магнитное склонение (C_k, δ) – угол между северными направлениями геодезического (истинного) и магнитного меридианов в данной точке.

Рис. Магнитное склонение (C_k, δ)
(отклонение северного конца магнитной стрелки)
относительно геодезического меридиана:

- а) **западное** – отрицательное;
- б) **восточное** – положительное



Зависимость между геодезическим азимутом, магнитным азимутом и магнитным склонением можно выразить формулой:

$$A = A_m + (\pm\delta) \text{ или } A = A_m + (\pm C_k),$$

т.е. $A_m = A - (\pm\delta)$ или $A_m = A - (\pm C_k)$

Сближение меридианов (Сб, γ (гамма))

Сближение меридианов (Сб, γ) – угол между северным направлением геодезического меридиана и вертикальной линией координатной сетки (осевым меридианом зоны).

Линии координатной сетки карты не совпадают с направлениями геодезических меридианов, потому что геодезические меридианы представляют собой дуги, которые сходятся у полюсов в одной точке, а вертикальные линии сетки в пределах одной зоны остаются параллельными друг другу.

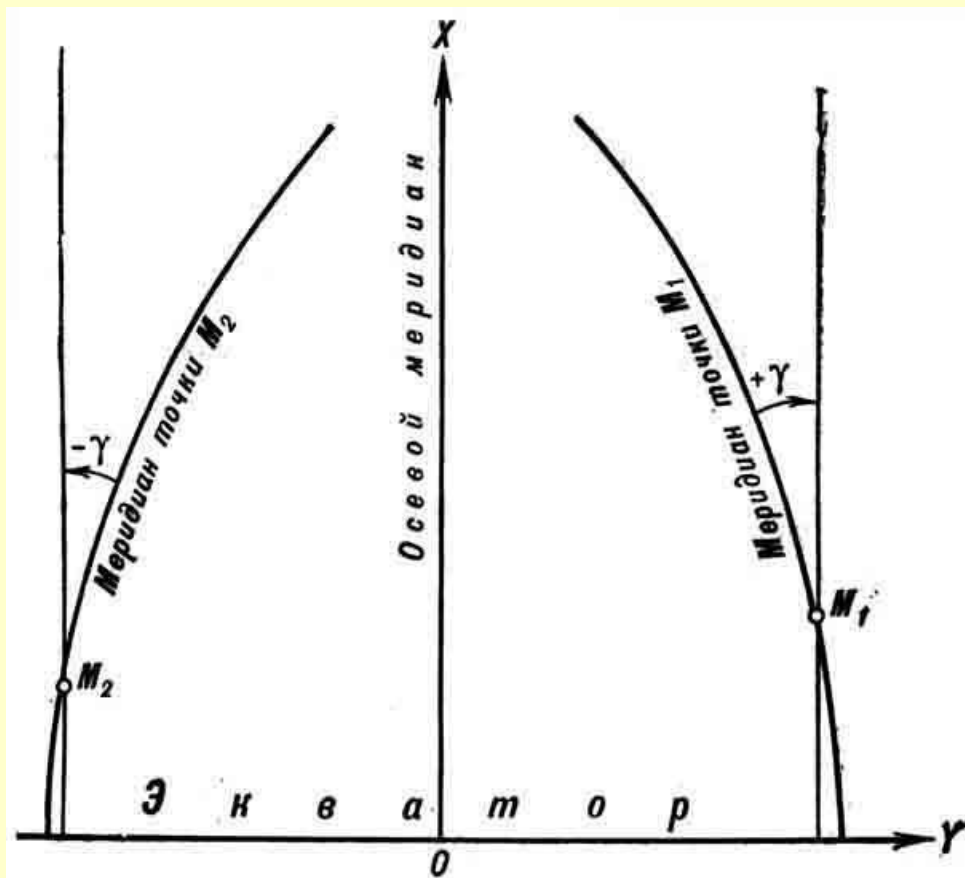
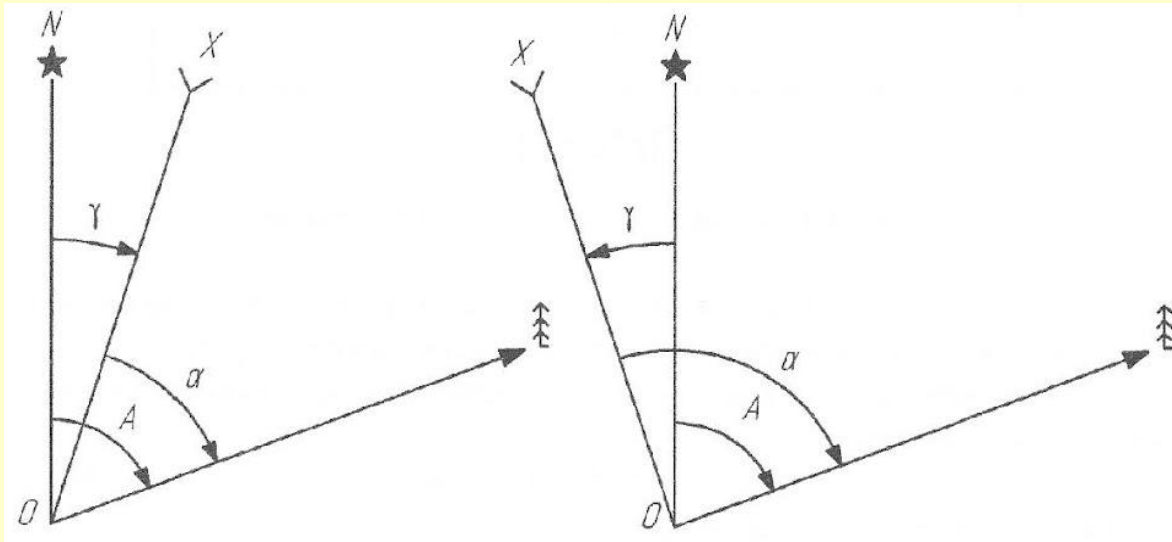


Рис. Сближение меридианов (Сб, γ)

Зависимость между геодезическим азимутом (А), дирекционным углом (ДУ, α) и сближением меридианов (Сб, γ)

Геодезический азимут направления отличается от дирекционного угла на величину сближения меридианов.



Зависимость между ними можно выразить формулой:

$$A = \alpha + (\pm\gamma) \text{ или } A = \text{ДУ} + (\pm\text{Сб})$$

Из формулы легко определить дирекционный угол по известным значениям геодезического азимута и сближения меридианов: $\text{ДУ} = A - (\pm\text{Сб})$.

Величина сближения меридианов на осевом меридиане зоны равна нулю и возрастает с удалением от среднего меридиана зоны и от экватора; максимальное значение будет вблизи полюсов и не превышает 3° .

Поправка направления

Поправка направления (ПН) – угол между направлением вертикальной линии координатной (километровой) сетки и магнитным меридианом: алгебраическая разность магнитного склонения и сближения меридианов.

$$\text{ПН} = (\pm\delta) - (\pm\gamma) \text{ или } \text{ПН} = \text{Ск} - \text{Сб}$$

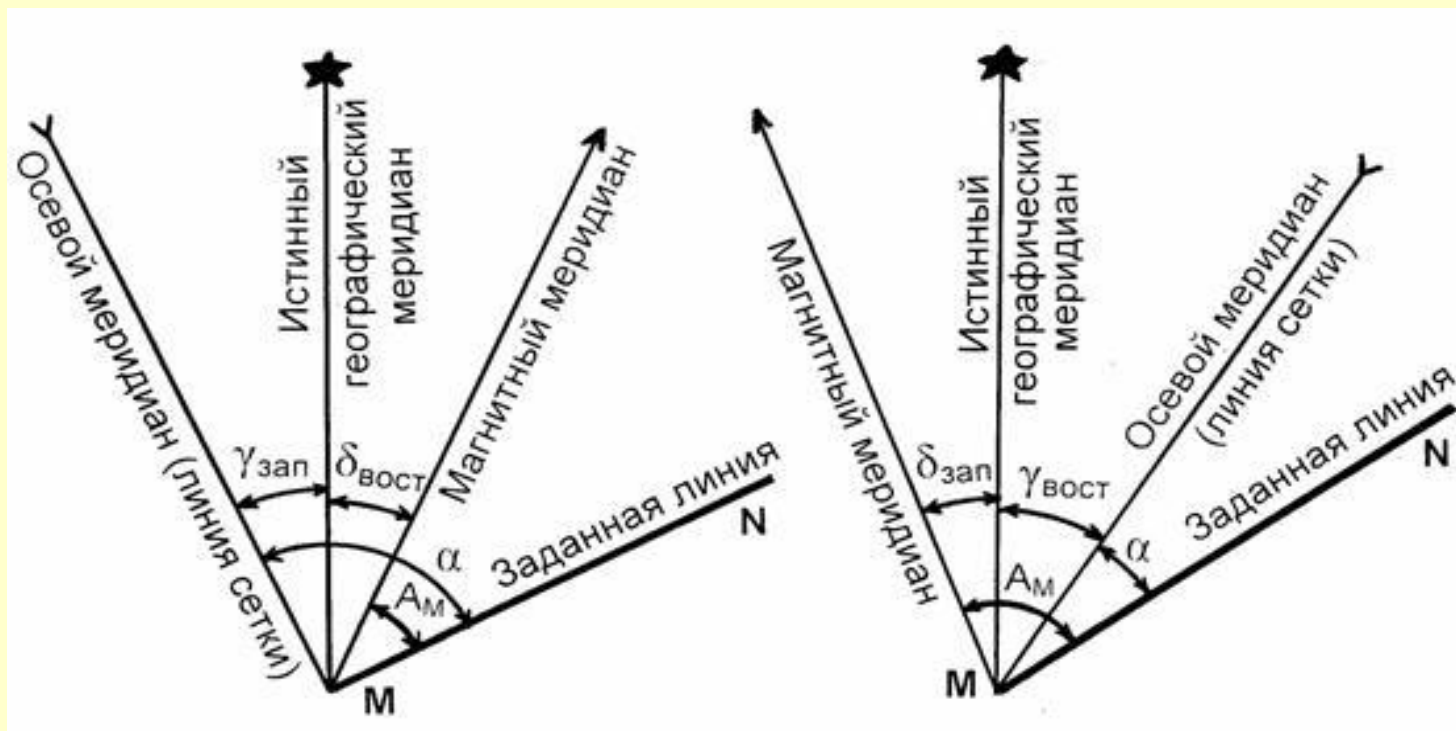
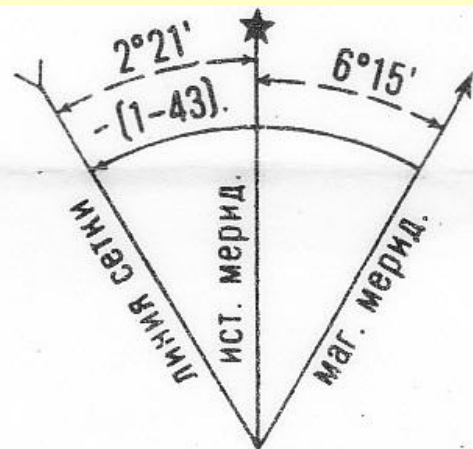


Рис. Зависимость между магнитным азимутом (A_M), дирекционным углом (α), магнитным склонением (δ) и сближением меридианов (γ)

Чтобы избежать ошибок при определении величины и знака поправки направления нужно **пользоваться данными о Ск, Сб и ПН**, помещёнными под южной стороной рамки каждого листа карты крупного масштаба в виде схемы с пояснительным текстом.

Склонение на 1990 г. восточное $6^{\circ}15'$ (1-04). Среднее сближение меридианов западное $2^{\circ}21'$ (0-39). При прикладывании буссоли (компаса) к вертикальным линиям координатной сетки среднее отклонение магнитной стрелки восточное $8^{\circ}36'$ (1-43). Годовое изменение склонения восточное $0^{\circ}02'$ (0-01). Поправка в дирекционный угол при переходе к магнитному азимуту минус (1-43).
Примечание. В скобках показаны деления угломера (одно деление угломера = $3,6'$).



В нашем случае: **ПН** = $6^{\circ}15' - (-2^{\circ}21') = 8^{\circ}36'$, что и указано на схеме: «... среднее отклонение магнитной стрелки восточное $8^{\circ}36'$ ».

При точных измерениях переход от дирекционных углов к магнитным азимутам и обратно выполняется с учетом годового изменения магнитного склонения.

Сначала определяем склонение магнитной стрелки на данное время (годовое изменение Ск умножаем на число лет, прошедших после издания карты).

На нашей карте: Ск на 1990 г. – восточное $6^{\circ}15'$, а годовое изменение Ск – восточное $0^{\circ}02'$, т.е. на 2018 г. – прошло 28 лет. Значит: $0^{\circ}02' \times 28 = 0^{\circ}56'$.

Полученную величину суммируем с величиной Ск, указанной на карте.
Итого: Ск = $6^{\circ}15' + 0^{\circ}56' = 7^{\circ}11'$.

Практическое измерение
дирекционных углов (ДУ (α)) и
определение магнитных азимутов (A_m)

Примеры:

1) ● 236,4, 7913 – ▲ 259,4, 8016

$$\alpha = ?$$

$$A_m = ?$$

БЫЛО ЗАДАНО:

измерить дирекционный угол (ДУ (α)) и
определить магнитный азимут (A_m)

Ответы:

- 236,4, 7913 – ▲ 259,4, 8016

$$\text{ДУ} = \underline{72^\circ}$$

$$\text{ПН} = (\pm\delta) - (\pm\gamma)$$

$$\text{ПН} = 6^\circ 15' - (-2^\circ 21') = 8^\circ 36'$$

$$A_m = \underline{63^\circ 24'}$$

Решение:

$$\text{ДУ} (\alpha) = A_m + (\pm\text{ПН}),$$

$$\text{ПН} = (\pm\delta) - (\pm\gamma),$$

$$A_m = \text{ДУ} - (\pm\text{ПН})$$

$$A_m = 72^\circ - 8^\circ 36' = 63^\circ 24'$$

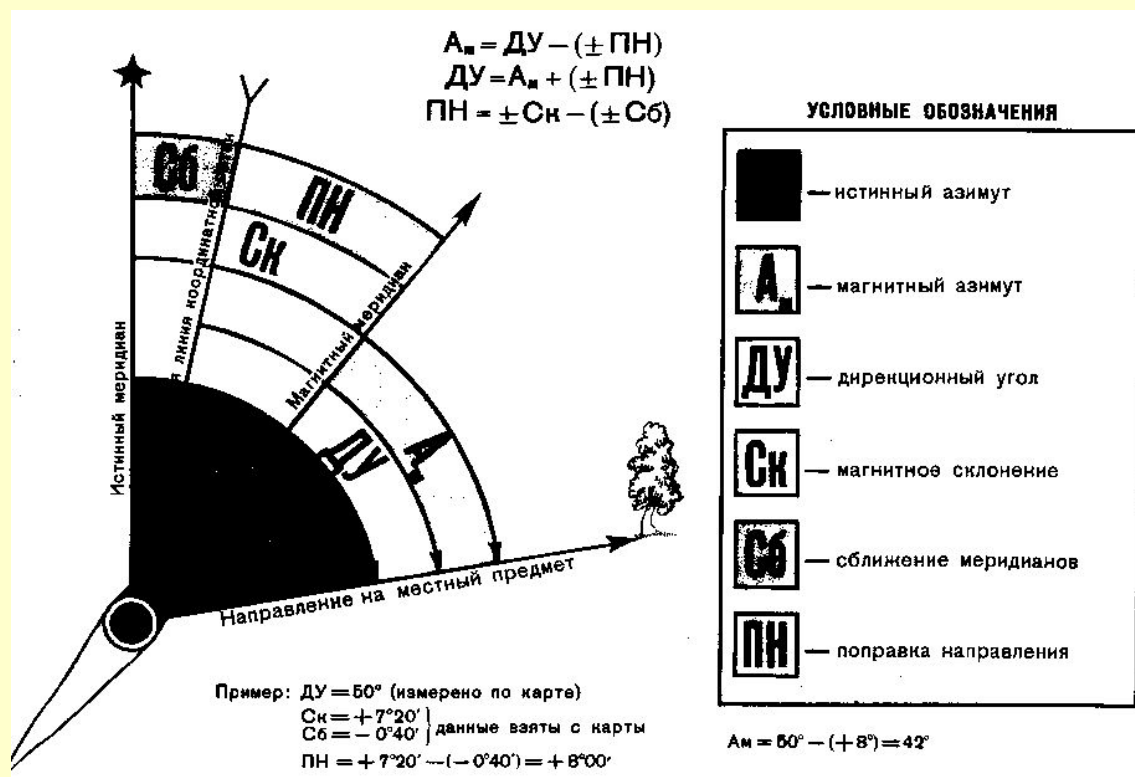
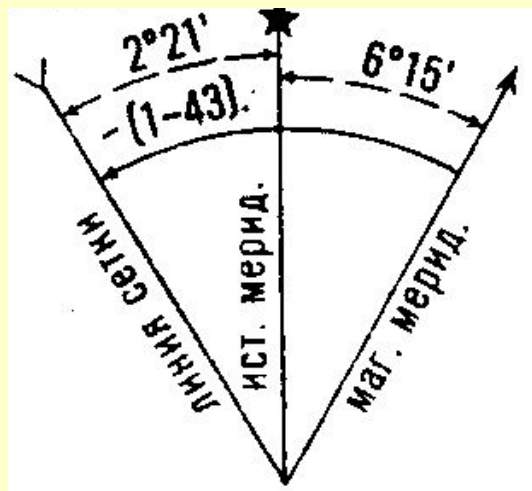
Переход от дирекционного угла к магнитному азимуту и обратно

Если на карте измерен дирекционный угол направления, то магнитный азимут этого направления на местности:

$$A_m = ДУ - (\pm ПН) \text{ или } A_m = \alpha - (\pm ПН)$$

Измеренный на местности магнитный азимут какого-либо направления переводится в дирекционный угол этого направления по формуле:

$$ДУ (\alpha) = A_m + (\pm ПН), \text{ где } ПН = C_k - C_b$$



Задание на самостоятельную подготовку:

- изучить материал данного занятия;
- подготовиться к тестированию по знанию условных знаков;
- принести для практического занятия: линейку (40 см) или нитку, циркуль, транспортир, простой карандаш и резинку.